LABORATORIO VIRTUAL DE UNA BICICLETA

Manual de usuario

Este manual es una descripción de la interfaz del laboratorio virtual. Se tratan en detalle las características y opciones que ofrece. Cuando se inicia la aplicación aparece una pantalla similar a la figura 1.

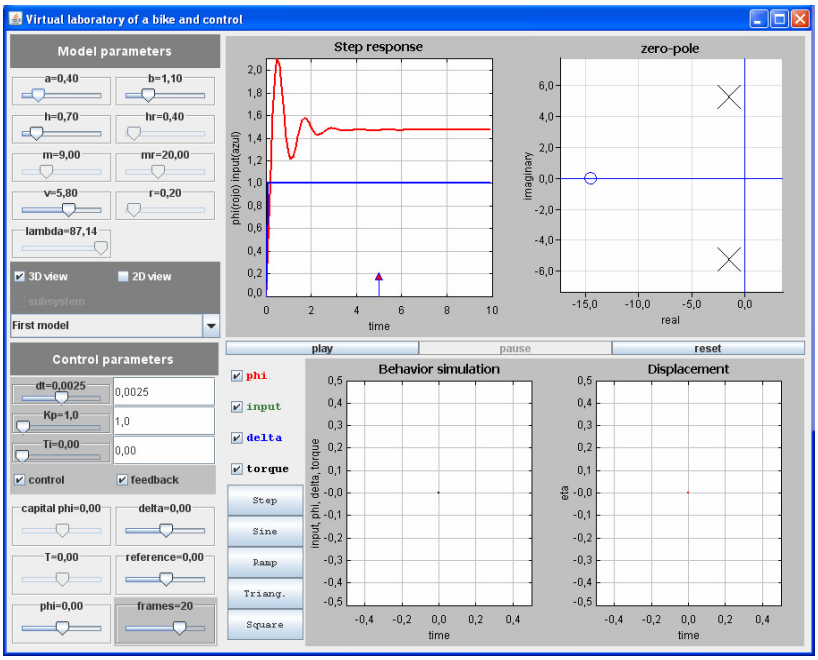

Figura 1. Vista general de la pantalla principal del laboratorio.

1. Model Parameters

El panel situado en la esquina izquierda superior (ver figura 2), titulado como “Model parameters”, incluye las variables de diseño de la geometría de la bicicleta. Según el modelo de bicicleta que se esté usando algunos parámetros no se podrán modificar, ya que tampoco tienen efecto sobre las ecuaciones del modelo.

Las unidades son en metros para las distancias, metros por segundo para la velocidad y grados para los ángulos. Observese que lambda es equivalente a λ.

Cuando se mueve alguno de los deslizadores se recalculan los polos y ceros del sistema resultante y la respuesta a escalón. La simulación en tiempo continuo se para durante el movimiento del deslizador y después continúa su ejecución con los nuevos valores. Hay ciertas limitaciones en los rangos de algunos deslizadores. Para λ no se permiten 90 grados, este valor provoca una indeterminación en las expresiones del segundo modelo (división por cero). El primer modelo es el equivalente al segundo modelo en tal supuesto (90 grados en λ). Tampoco se permite $h=0$, por situación similar a la anterior.

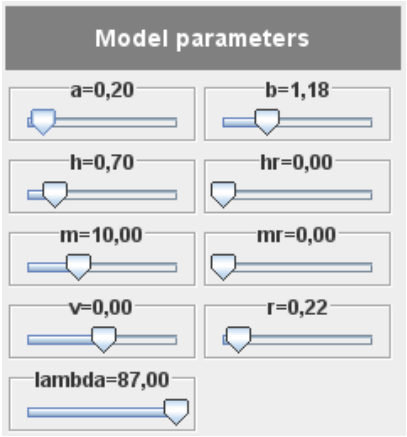

Figura 2. Panel de parámetros del modelo

Las variables *mr* y *hr* sólo se usan en el tercer modelo. Obsérvese que facilmente inestabilizan el sistema. En caso de llegar a una situación inestable y no conseguir ajustar de nuevo las variables para un caso estable, se puede recurrir al botón reset para volver a los valores iniciales (valores típicos para una bicicleta estándar).

Los valores de las variables cuando se abre el laboratorio corresponden a los valores para una bicicleta típica, según la bibliografía. Conforme se modifique alguna de las variables se puede observar como se recalcula la respuesta al escalón y el diagrama de polos y ceros. Si la simulación continua está activa, el modelo que está siendo simulado también es modificado, no es necesario parar y volver a lanzar la simulación para que cambie la respuesta del sistema.

Algunas variables son especialmente sensibles respecto a la estabilidad el sistema, por ejemplo hr o mr para el subsistema Φ-φ. Si no se puede volver a una configuración estable, lo más recomendable es pulsar el botón reset que devuelve todas las variables y selecciones al estado inicial cuando se abrió el laboratorio.

2. Control parameters

El panel situado en la esquina izquierda inferior titulado “Control parameters” (ver figura 3) incluye las variables de control y controladas del sistema. Igual que ocurre con las “Model parameters”, algunos elementos no estarán disponibles según el model de bicicleta activo en ese momento.

La consigna del sistema es input. Delta se refiere a δ, phi es φ, T es torque y capital phi es Φ. La variación de algunos de estos parámetros debe ser suave ya que la respuesta puede depender de sus derivadas. Mover los deslizadores de phi, delta, torque o capital phi simula perturbaciones en el sistema.

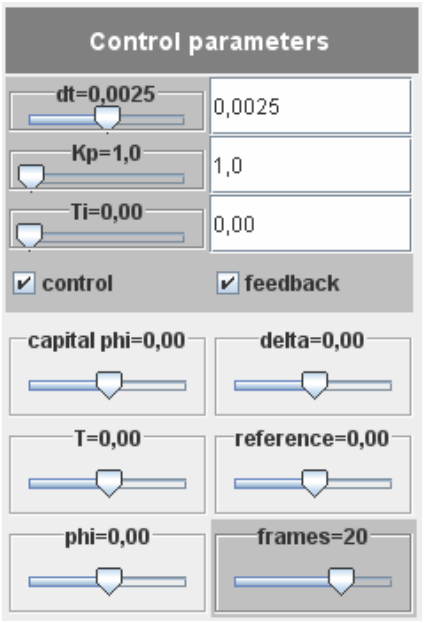

Figura 3. Panel de parámetros de control.

El deslizador *dt*, controla el tamaño del intervalo de tiempo usado en el cálculo de las ecuaciones diferenciales. Este valor se usa tanto para la respuesta al escalón de la zona superior como para la simulación continua. Se puede usar la casilla de texto para escribir un valor a mano.

Kp y *Ti* son respectivamente la constante proporcional e integral de un controlador PI. Cuando *Ti* es 0.0 se está usando un controlador P. Los marcadores control y feedback permiten activar o desactivar el controlador y la realimentación respectivamente.

El deslizador frames controla el número de actualizaciones de la simulación por segundo. En máquinas menos potentes puede convenir ajustar a frames bajos, y a la inversa, en máquinas más modernas conviene aumentar el valor para ajustar la velocidad de la simulación.

Cuando se modifiquen *Kp*, *Ti* o los marcadores de control, feedback se recalculará la respuesta a escalón y el diagrama de polos y ceros. El modelo usado para la simulación continua también se modificará, esté o no activo en ese momento. Cuando se ajuste *Kp* y *Ti*, hay que tener en cuenta que el valor de la componente integral será mayor cuanto menor sea *Ti* y mayor sea *Kp* .

3. Selección de modelo

Este panel (ver figura 4) está situado entre los dos anteriores. Incluye un combo en el que se puede seleccionar el modelo de bicicleta que se usa en los cálculos de los otros paneles.

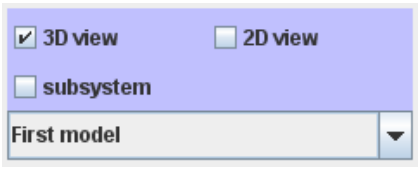

Figura 4**.** Panel de selección de modelo.

Los marcadores activan otras ventanas auxiliares de visualización. El marcador 3Dview activa la representación 3D, el 2Dview activa la representación 2D y subsystem abre una ventana con la respuesta a escalón de los subsistemas torque-φ y Φ-φ. El marcador subsystem sólo estará activo para el modelo 3. La ventana de representación 3D sólo se puede abrir y cerrar desde el marcador 3Dview, no está activo el botón de cerrado del propio diálogo.

4. Respuesta al escalón

La figura 5 muestra la respuesta a escalón del sistema configurado con los paneles anteriores. En rojo tenemos φ y en azul la consigna. Haciendo click con el ratón alrededor de la flecha situada en la escala de tiempo se puede modificar el intervalo que se muestra, variando con múltiplos de 2.

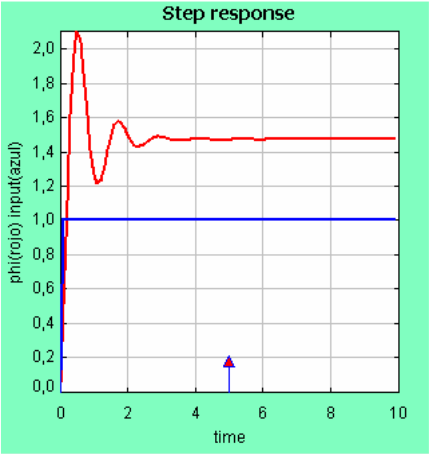

Figura 5. Panel de respuesta al escalón.

Cuando se escala a tiempos muy pequeños puede ser necesario ajustar *dt* para mostrar más puntos de la respuesta, los puntos que se muestran están en función del tiempo de la escala y el tamaño de intervalo, si son pocos puntos, la aproximación a la respuesta del sistema puede ser grosera.

El ajuste de la escala de tiempos de este panel se realiza también sobre los paneles de subsistema del tercer modelo.

5. Diagrama de polos y ceros

La figura 6 muestra un diagrama de polos y ceros del sistema configurado en los paneles anteriores.

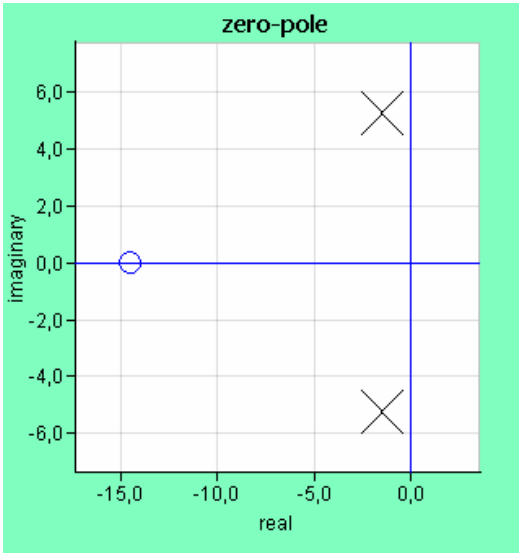

Figura 6. Panel de polos y ceros.

Dependiendo del modelo activo y de la configuración se mostrarán algunos ceros y polos más. Las escalas se modificarán automáticamente para incluir dentro de la gráfica todos los polos y ceros.

5.6. Simulación interactiva

Este panel está situado en la parte inferior derecha (ver figura 7). La gráfica muestra la respuesta de la simulación interactiva. En color rojo tenemos φ, en azul δ, en verde input y en negro torque. Torque está a cero en la figura 7 porque corresponde al primer modelo, en este modelo no se tiene en cuenta dicha variable. Los marcadores a la izquierda permiten activar o desactivar algunas de las gráficas, por claridad de la visualización.

Pasados unos segundos la escala temporal se irá desplazando para no comprimir demasiado las trazas y se puedan ver con claridad.

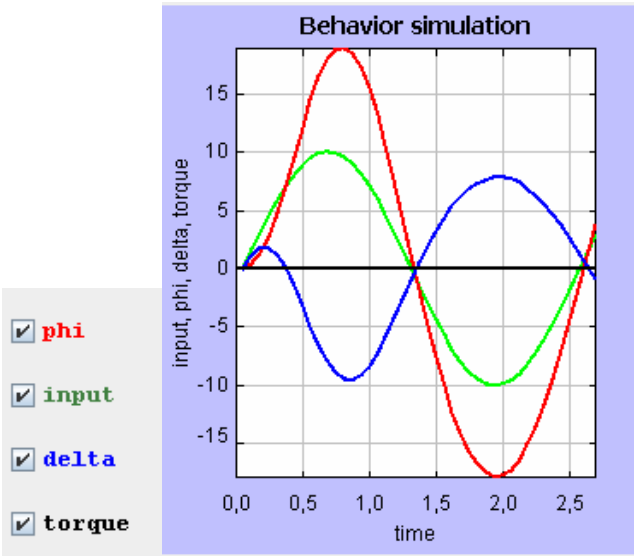

Figura 7 Panel de simulación continua.

7. Respuesta de trayectoria

Este panel está en la parte inferior, a la derecha del panel de simulación interactiva o continua. La gráfica (ver figura 8) representa la desviación respecto a la trayectoria inicial. Esta representación se basa en el modelo de trayectoria implementado y descrito en el apartado de modelos. La principal utilidad de este panel es observar el comportamiento contraintuitivo del desplazamiento de la bicicleta en los giros.

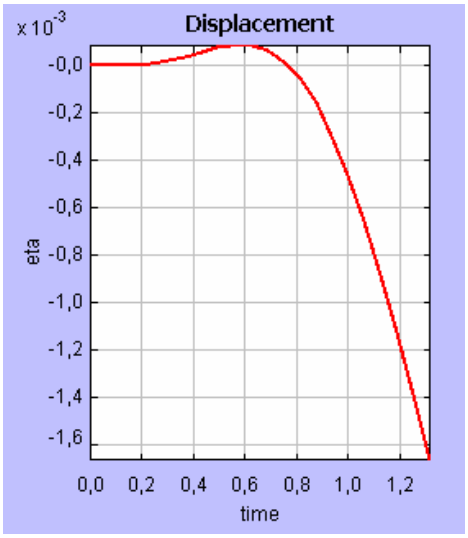

Figura 8. Panel de respuesta de desplazamiento.

8. Experimentos

Se incluyen botones que activan pruebas predefinidas, el panel es el de la figura 9. Las pruebas son de duración limitada, una vez acabado el tiempo la simulación se pausa. Los casos contemplados son: escalón, seno, rampa, triangular y cuadrada. Durante la duración del experimento se puede interactuar con los otros paneles para introducir perturbaciones o modificar la configuración. Si se pausa, cuando se reanude la simulación continúa la prueba hasta su duración total (15 segundos).

Figura 9. Botonera de experimentos

9. Control de simulación

Este panel (ver figura 10) contiene botones que nos permiten pausar o reanudar la simulación. El botón reset lleva todo el laboratorio virtual a la situación con la que se inició la ejecución. Es especialmente útil cuando el sistema ha llegado a un punto de inestabilidad del que no sabemos salir.

Figura 10. Botonera de control de simulación.

10. Representación 3D

Esta ventana muestra una visualización de la respuesta de la simulación continua en 3D (ver figura 10). También refleja la variación del parámetro λ con la inclinación del manillar. Cuando el modelo 3 está activo el tronco del conductor refleja la variación de Φ.

El suelo se desplaza en función de la velocidad y del giro de manillar. Las ruedas giran proporcionalmente a la velocidad. La rueda delantera y el manillar giran en función de δ. Todo el modelo tridimensional se inclina en función de φ. El movimiento del suelo y de la cámara se ha ajustado para proporcionar sensación de desplazmiento de la bicicleta.

Para cerrar esta ventana hay que usar el marcador del panel “Control parameters”.

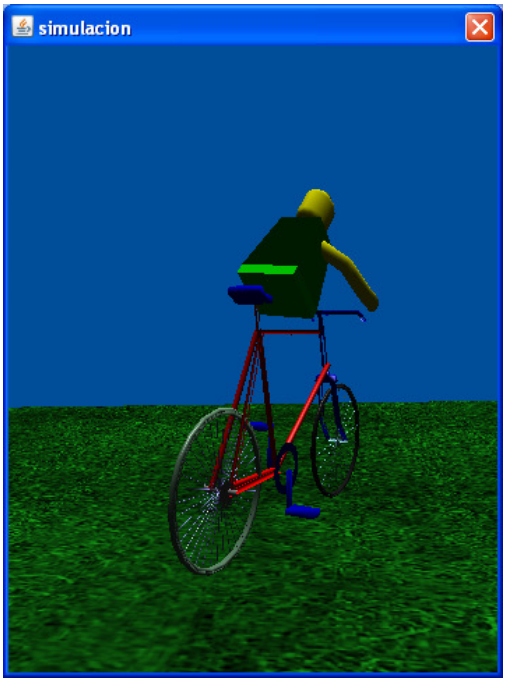

Figura 10. Representación 3D.

11. Representación 2D

En la figura 11 se muestra un esquema en dos dimensiones de la geometría del sistema configurado con las “model parameters”. Moviendo los puntos rojos también se pueden modificar las variables. El punto rojo central corresponde al centro de masas y modifica a y h. El punto rojo superior (en el manillar) modifica λ y el punto rojo inferior (situado en la rueda delantera) modifica b.

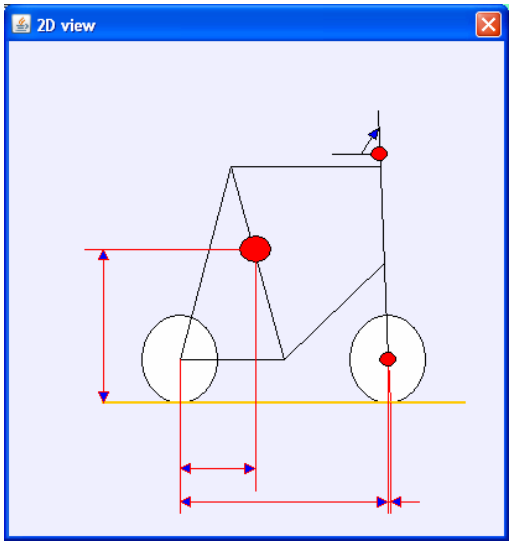

Figura 11. Representación 2D.

12. Panel de subsistemas

Esta ventana (ver figura 12) incluye gráficas con las respuestas a escalón y los diagramas de polos y ceros de los subsistemas que componen el modelo 3. Esta ventana sólo es accesible cuando se ha seleccionado el modelo 3 en el combo selector. Las escalas de tiempo se modifican de forma solidaria a la respuesta escalón del panel principal.

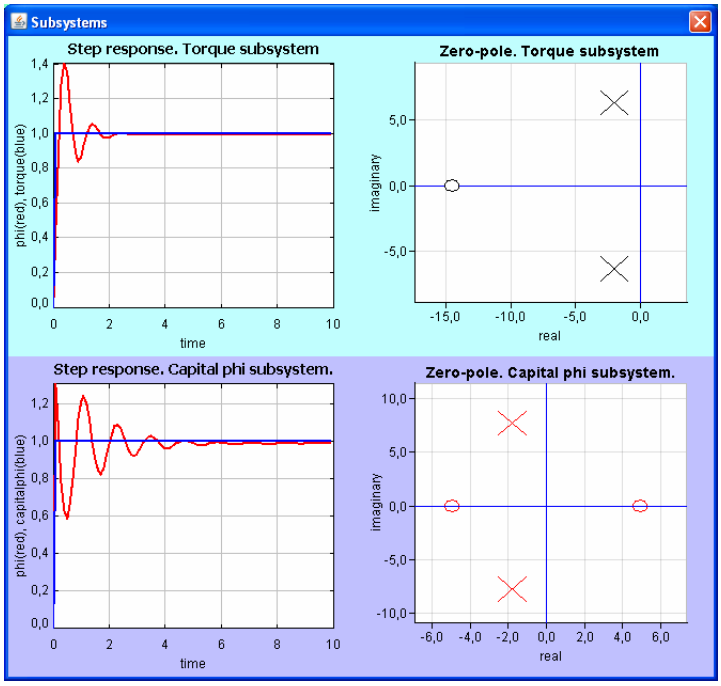

Figura 12. Panel de subsistemas del tercer modelo.

13. Instalación

El laboratorio virtual se puede ejecutar de varias formas. Una posible es introducirlo como applet en una web con información adicional sobre el entorno. Algunas versiones de Mozilla Firefox fallan en la ejecución de aplicaciones Java3D, en tal caso se recomienda usar Internet Explorer. Si falla la carga del applet puede ser necesario modificar la directiva de seguridad de Java para la ejecución de applets. En el directorio de instalación del entorno de ejecución de Java (en Windows suele ser "Archivos de Programa/Java/jre1.x"), en la carpeta "/lib/security" hay un archivo llamado "java.policy". Se debe editar y añadir al final de este archivo las siguientes líneas:

```
grant codeBase "http://URL_laboratorio/-"
{
      permission java.io.FilePermission "<<ALL FILES>>", "read";
      permission java.io.FilePermission "<<ALL FILES>>", "write";
};
```

Otra posibilidad es la descarga de los archivos de la aplicación al disco duro, no se requiere en este caso una conexión a internet ni modificación de la política de

seguridad. Luego se lanza el ejecutable java ‘laboratorio_virtual.jar’. En cualquier caso es necesario tener instalados Java Runtime Enviroment 1.4 o superior y Java3D. El instalador de Java3D se puede descargar de “https://java3d.dev.java.net/binary-builds.html”.